

早稲田大学大学院情報生産システム研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

需給確率分布の予測に基づく
フロー計画調整に関する研究

申 請 者
申 芝 仙

情報生産システム工学専攻
システム制御研究

2012 年 12 月

自然科学や社会科学、工学の諸分野において、計画問題に対するアプローチである数理計画法は、最適化すべき問題を幾つかの変数と数式を含む数学モデルに定式化し、それを解くための方法論を提供する。これは、数理工学の主要なテーマの一つと位置づけられ、システム科学、情報科学、経営科学などの分野において重要な役割を果たしている。これに基づき生産在庫計画や物流運送計画、列車運行計画、交通信号計画、電力供給計画、航空運航計画、海上交通計画など様々な分野で扱われている計画問題に対して有効な解決策を与えている。これら諸計画問題は、与えられた需要に対して、供給を如何に保障するかという方法や順序を定める問題として捕えることができ、期日までに納める納品量や単位時間内に輸送したい乗客・物資、また交差点を通過させる交通量などの需要に対して、それを保障する生産量や列車・乗務員、また通行権を与える青信号時間長などの供給を定める方法・順序などがその例として挙げられる。

このような数理計画法では、対象とする問題に含まれる各種要因の中で、確定値で既知のものを係数、決定の対象とする需要変量や供給変量を変数量、変数量間の関連を制約条件、達成しようとする目標または決定の評価基準を目標関数として表現し、問題の数学モデルを構築している。そこでは、係数や変数、制約条件、目標関数などは明確に定められ、確定した数値または数式で表現されているものとしている。しかしながら現実の自然現象や社会現象においては、偶然性を伴いながら不規則に生起する情報やデータに基づいて計画を行わなければならない場合が多く存在する。このような偶然性を伴う決定問題に対する計画法の一つに確率計画法があり、そこでは問題に含まれる諸要因が予め与えられた確率分布に従うものと仮定している。しかしながら、この要因である係数や変数、制約条件、目標関数などの確率分布を事前に仮定できない場合が多く、このような不規則に変動する需要変量や供給変量に対する確率分布を如何に求めるかが課題である。また、需要・供給の確率分布を予測しながら、不規則に変動する需要量に対して、適切な供給方法を如何に計画するかが二つ目の課題である。

そこで本論文では、生産・在庫計画問題と交通信号計画問題を対象に、不規則に変動する納品量・生産量・在庫量や交差点交通量・渋滞量の因果関係を表わす **Dynamic Bayesian Network(DBN)** 確率モデルを新たに構築すると共に、この **DBN** 確率モデルを用いた需給確率分布の予測に基づく生産量や交差点通行権のフロー計画調整法について明らかにする。

第 1 章では、「序論」として、本研究の背景と目的、論文構成について述べる。

第 2 章では、本研究の考え方と基本手法として「フロー計画問題と需給確率分布予測のための **Dynamic Bayesian Network**」について概説する。

第 3 章では、生産・在庫計画問題に対して「在庫量確率分布の予測に基づく生産・在庫計画調整」述べる。現在の製造業は、同種製品製造会社間の競合が激しく、顧客の多品種少量への要求のみならず、突発の注文にも対応できる生産体制をとることが要求されている。このような需要に対して生産量を増加させれば、過剰在庫となる可能性が生じ、企業の経営を悪化させる要因となる。一方、在庫コストを軽減するために生産量を抑えれば、逆に過少在庫をもたらし、将来の納期が保障できなくなる可能性が生じる。従って、生産在庫計画問題は、在庫がもたらすコスト削減と、納期保障や急な受注に対する顧客満足度・企業信頼度向上とのトレードオフとなる。

従来の生産在庫管理方式として、定量発注方式と定期発注方式がある。これらの方式は、需要の変化が一定の場合には有効であるが、日々変動する生産環境では、計画期間における生産量や在庫量の予想外の変動やまた生産品目の欠品や納期遅延なども頻繁に起こり得る。そこで従来の在庫管理方式では、変動する生産環境により引き起こされる問題に対処するために、安全在庫で在庫管理を行っている。安全在庫を求める際に需要の予想外の変動を求める必要があるが、従来、それを正規分布に従うと仮定しているため、実際に日々変動する生産環境には適応しきれない。そこで、日々変動する生産環境の下で、様々な不規則性を考慮しながら計画期間における生産量や在庫量を適切に決定する方法が必要となる。

そこでこの章では、予め定められた納品量やその納期を保障する生産量、それに伴う在庫量は、様々な要因により確率的に変動する事を考慮しその要因を分析することで、不規則に変動する納品量・生産量・在庫量間の因果関係を表わす生産過程の DBN 確率モデル構築法を示す。次に、この DBN 確率モデルに基づき、需要である納品量、及び供給である生産量・在庫量の需給確率分布を予測し、予測在庫量確率分布のある下限値以下、及びある上限値以上になる確率をある確率以下にするフロー計画調整法を提案する。

第 4 章では生産・在庫計画調整事例研究として、「自動車部品製造の生産在庫計画」について述べる。基幹産業の一つである自動車産業において、業界を取り巻く社会経済状況の目まぐるしい変化の中で厳しい納期が課せられている自動車部品製造を対象に、8 工程ライン 150 万個の自動車エンジン・バルブリフターを製造するある自動車部品製造会社における 2003 年 1 月から 36 カ月間の仕様日誌、品質日報、納品実績などの実データに基づき、部品生産在庫問題の DBN 確率モデルを構築すると共に在庫量の確率分布を予測する。この在庫量予測確率分布を用いて、過剰在庫と過少在庫の確率をある一定範囲に抑えることで、顧客満足度上昇と在庫管理費用が節減できることを示す。

第 5 章では、交通信号計画問題に対して「渋滞量確率分布の予測に基づく交

通信号計画調整」について述べる。交差点における渋滞を軽減するためには、交差点の主道路と従道路、双方の渋滞を軽減する必要がある。このとき、主道路の渋滞を軽減するために主道路の青時間を長くすると従道路の赤時間が長くなり、従道路の渋滞が増えることになる。従って、交差点における渋滞軽減問題は、主道路の青時間長と赤時間長（すなわち、従道路の青時間長）間のトレードオフとなる。このような不規則に変動する交差点渋滞のトレードオフ問題に対する適切な方法は、主道路の渋滞量確率分布を予測し、主道路の過多停車量と過少停車量の確率分布、双方を同時に小さくすることである。そこでこの章では、交差点渋滞を軽減する交通信号を計画するために、不規則に変動する交差点の流入交通量と流出交通量、その結果生じる渋滞量の間の DBN 確率モデルを新たに構築し、この確率モデルに基づき交通渋滞量確率分布を予測すると共に、渋滞量予測確率分布に基づく主道路渋滞量がある値以上（過多渋滞量）となる確率のみならず、過小停車量もある値以下のとなる確率、双方を同時にある確率以下とするような交差点の通行権を与える青信号時間長のフロー供給計画調整法を提案する。この交通信号計画調整法の有効性を検討するために、実際の北九州市八幡西区黒崎筒井町交差点交通量測定データを用いてシミュレーションを行っている。既設の定周期調整方式に対し、提案交通信号計画調整法の毎サイクル平均渋滞量減少することを示す。

第 6 章では、「結論」として、本論文の結論と今後の課題について述べる。